

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000196197  
PUBLICATION DATE : 14-07-00

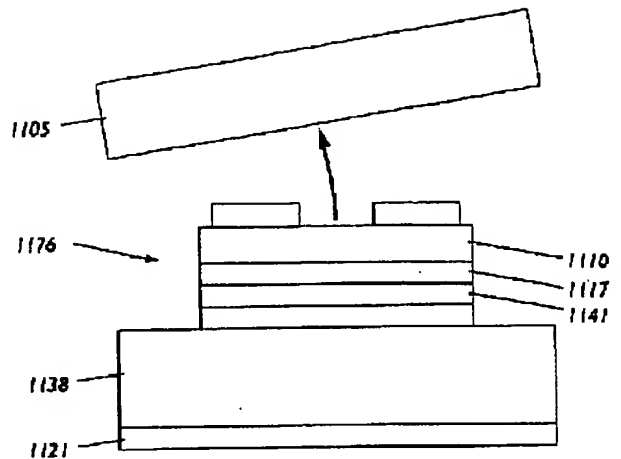
APPLICATION DATE : 22-12-99  
APPLICATION NUMBER : 11364118

APPLICANT : XEROX CORP;

INVENTOR : LINDA T ROMANO;

INT.CL. : H01S 5/323 H01S 5/022

TITLE : STRUCTURE OF NITRIDE LASER  
DIODE WHERE GROWTH SUBSTRATE  
IS ELIMINATED AND METHOD FOR  
MANUFACTURING NITRIDE DIODE  
ARRAY STRUCTURE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify formation of an electrical contact to a laser diode array, avoid the use of special structures, and mount a heat sink to the laser diode array by eliminating a sapphire substrate after laser diode array structure is grown.

SOLUTION: After a semiconductor film with laser diode array structure is grown, a support substrate 1105 is mounted to a side opposite to the side of the sapphire substrate of the semiconductor film. After that, the sapphire substrate is eliminated. After the sapphire substrate has been eliminated, a heat-conductive substrate 1138 is mounted to a side where the sapphire substrate was located. Since the sapphire substrate has been eliminated, no special structure for providing an electrical contact to a laser diode array is required, and a more effective heat sink effect can be obtained.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-196197  
(P2000-196197A)

(43) 公開日 平成12年7月14日 (2000.7.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード (参考)

H 0 1 S 5/323  
5/022H 0 1 S 5/323  
5/022

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平11-364118

(22) 出願日 平成11年12月22日 (1999.12.22)

(31) 優先権主張番号 09/223112

(32) 優先日 平成10年12月30日 (1998.12.30)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 09/276856

(32) 優先日 平成11年3月26日 (1999.3.26)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 09/276913

(32) 優先日 平成11年3月26日 (1999.3.26)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000798

ゼロックス コーポレーション

XEROX CORPORATION

アメリカ合衆国 06904-1600 コネティ

カット州・スタンフォード・ロング リッ  
チ ロード・800

(72) 発明者 ミカエル エイ ケイセル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニ

ーベール クレセント アベニュー

455 アパートメント 28

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

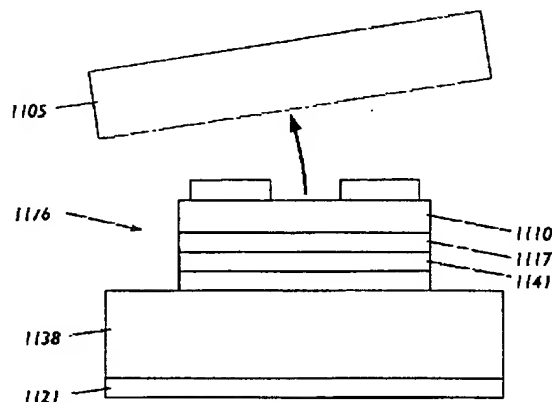
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成長基板が除去された窒化物レーザダイオードの構造及び窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レーザダイオードアレイ構造の成長後にサファイア基板を除去して、レーザダイオードアレイへの電気的コンタクトの形成の簡略化と特別な構造の使用の回避、更に優れたヒートシンクのレーザダイオードアレイへの取り付けを、可能にする。

【解決手段】 レーザダイオードアレイ構造を備えた半導体膜の成長後に、半導体膜のサファイア基板側と反対側に支持基板 1105 を取り付ける。その後、サファイア基板を除去する。サファイア基板の除去後、熱伝導性基板 1138 をサファイア基板があった側に取り付ける。サファイア基板が除去されているので、レーザダイオードアレイへ電気的コンタクトを設けるのに特別な構造が不必要となり、又、より効果的なヒートシンク効果を得ることができる。



(2) 000-196197 (P2000-196197A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物レーザダイオードアレイの構造であって、  
複数の活性層を含み且つ第1の結晶面を有している半導体膜と、  
第2の結晶面を有し且つ前記半導体膜を支持し、前記熱伝導性基板と前記複数の活性層との間の熱的な結合を強化する熱圧着結合によって前記半導体膜に取り付けられている熱伝導性基板と、  
前記半導体膜と前記熱伝導性基板との間に設けられたメタル層と、  
前記レーザダイオードアレイを電気的にバイアスする複数の電極と、  
を備えていることを特徴とする窒化物レーザダイオードアレイの構造。

【請求項2】 窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、  
第1の側の側面上に取り付けられた絶縁性基板を有する半導体膜を準備するステップと、  
前記半導体膜の第2の側に支持基板を取り付けるステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側の側上にメタル層を配置するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側に熱伝導性基板を取り付けるステップと、  
前記半導体膜の前記第2の側から前記支持基板を除去するステップと、を含むことを特徴とする窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法。

【請求項3】 窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、  
第1の結晶面を有し、第1の側に取り付けられた絶縁性基板と第2の側に取り付けられた複数の電極とを有する半導体膜を準備するステップと、  
前記半導体膜の前記第2の側に支持基板を取り付けるステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側の側上にメタル層を配置するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側に、第2の結晶面を有する熱伝導性基板を、前記第1及び第2の結晶面が整合するように取り付けするステップと、  
前記半導体膜の前記第2の側から前記支持基板を除去するステップと、を含むことを特徴とする窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法。

【請求項4】 窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、  
第1の側の側面上に取り付けられた絶縁性基板を有する半導

体膜を準備するステップと、  
前記半導体膜の第2の側に熱導電性基板を取り付けるステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側の側上にメタル層を配置するステップと、を含むことを特徴とする窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法。

【請求項5】 窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、  
第1の結晶面を有し、第1の側に取り付けられた絶縁性基板と第2の側に取り付けられた複数の電極とを有する半導体膜を準備するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側に、第2の結晶面を有する熱伝導性基板を、前記第1及び第2の結晶面が整合するように取り付けするステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側の側上にメタル層を配置するステップと、を含むことを特徴とする窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法。

【請求項6】 窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、  
第1の結晶面を有し、第1の側に取り付けられた絶縁性基板と第2の側に取り付けられた複数の電極とを有する半導体膜を準備するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側に、第2の結晶面を有する熱伝導性基板を、前記第1及び第2の結晶面が整合するように取り付けするステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、  
前記半導体膜の前記第1の側の側上にメタル層を配置するステップと、  
前記メタル層及び前記半導体膜を2つの分離された部分に分けるトレンチを、前記メタル層及び前記半導体膜を通過してエッチングするステップと、を含むことを特徴とする窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザダイオードの分野に関して、特に短波長窒化物レーザダイオードアレイの構造に関する。

【0002】

【従来の技術】短波長の窒化物レーザダイオードは、レーザ印刷操作及びその他の用途において、赤外（IR）レーザダイオードに比べて、スポットサイズがより小さく且つ焦点深度がより良好である。シングルスポート窒化物レーザダイオードは、光ストレージのような分野の用途を有している。

【0003】高速レーザ印刷の用途に対しては、レーザ

(3) 000-196197 (P2000-196197A)

ダイオードアレイが望ましい。高速及び高解像度での印刷は、ポリゴンの回転速度、レーザのターンオン回数、及びレーザパワーに関する基本的な制約のために、レーザダイオードアレイを必要とする。レーザダイオードアレイは、以前は、赤色及び赤外レーザダイオード構造を用いて使用されてきている。2重スポット赤色レーザ及び4重スポット赤外レーザが、レーザ印刷のために使用されてきている。

【0004】AlGaInNのような更に大きなバンドギャップの半導体化合物に基づくレーザダイオードが開発されてきている。近紫外(near-UV)から紫色(バイオレット; violet)にかけての周波数域での優れた半導体レーザ特性が、特に日本の日亜化学工業によって確立されてきている。例えば、S. Nakamura及びG. Fasolの「青色レーザダイオード-GaNをベースにした発光体及びレーザ(The Blue Laser Diode - GaNbased Light Emitters and Lasers)」、Springer-Verlag社(1997)を参照されたい。

【0005】2重スポットレーザを更に短い波長域へ拡張することによって、より高解像度での印刷を可能にしている。短波長レーザダイオードアレイの構造は、窒化物をベースにした窒化物レーザダイオードがアレイ中で使用されるときには、異なったものになる必要がある。これは、劈開の代わりにドライエッチングによってミラーを形成する必要があること、及び、たいいていの窒化物デバイスはサファイアのような絶縁性基板の上に成長されるからである。

【0006】カリフォルニア大学のグループが、UVエキシマレーザを使用して、サファイア基板からGaN膜を分離する技術を開発している。カリフォルニア大学の技術は、紫外エキシマレーザを使用して、サファイア基板との界面でGaN層の薄い部分を分解する。エキシマレーザの光束(フラックス; flux)を適切に調節することによって、界面のGaNが、最小限のダメージでGaとNとに分解される。引き続いて、融点が30℃である残存Gaメタルを膜-基板の界面でゆっくりと加熱することで、GaN膜が除去される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】絶縁性基板を使用する構造は、窒化物4重スポットダイオードレーザ及び面発光型デュアル4重スポットレーザダイオードアレイの経済的な形成を可能にする。現在のところ、最も進んだ窒化物シングルレーザ構造は、絶縁性サファイア( $Al_2O_3$ )基板の上に成長される。レーザダイオードアレイに対する絶縁性基板の使用は、レーザダイオードのための電気的コンタクトの形成にあたって、特別な問題を生じさせる。導電性基板が使用されている場合とは対照的に、絶縁性基板では、アレイ中の全レーザダイオードに

対して共通の裏面コンタクトを形成することができない。このため、絶縁性基板の上のレーザダイオードアレイに対して電気的コンタクトを設けるためには、特別な構造を使用する必要がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】第1の本発明は、窒化物レーザダイオードアレイの構造であって、複数の活性層を含み且つ第1の結晶面を有している半導体膜と、第2の結晶面を有し且つ前記半導体膜を支持し、前記熱伝導性基板と前記複数の活性層との間の熱的な結合を強化する熱圧着結合によって前記半導体膜に取り付けられている熱伝導性基板と、前記半導体膜と前記熱伝導性基板との間に設けられたメタル層と、前記レーザダイオードアレイを電気的にバイアスする複数の電極と、を備えていることを特徴とする。

【0009】また、第2の本発明は、窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、第1の側の上に取り付けられた絶縁性基板を有する半導体膜を準備するステップと、前記半導体膜の第2の側に支持基板を取り付けるステップと、前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、前記半導体膜の前記第1の側の上にメタル層を配置するステップと、前記半導体膜の前記第1の側に熱伝導性基板を取り付けるステップと、前記半導体膜の前記第2の側から前記支持基板を除去するステップと、を含むことを特徴とする。

【0010】また、第3の本発明は、窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、第1の結晶面を有し、第1の側に取り付けられた絶縁性基板と第2の側に取り付けられた複数の電極とを有する半導体膜を準備するステップと、前記半導体膜の前記第2の側に支持基板を取り付けるステップと、前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、前記半導体膜の前記第1の側の上にメタル層を配置するステップと、前記半導体膜の前記第1の側に、第2の結晶面を有する熱伝導性基板を、前記第1及び第2の結晶面が整合するように取り付けするステップと、前記半導体膜の前記第2の側から前記支持基板を除去するステップと、を含むことを特徴とする。

【0011】また、第4の本発明は、窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、第1の側の上に取り付けられた絶縁性基板を有する半導体膜を準備するステップと、前記半導体膜の第2の側に熱伝導性基板を取り付けるステップと、前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、前記半導体膜の前記第1の側の上にメタル層を配置するステップと、を含むことを特徴とする。

【0012】また、第5の本発明は、窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、第1の結晶面を有し、第1の側に取り付けられた絶縁性基板と第2の側に取り付けられた複数の電極とを有する半導体膜を準備

(4) 000-196197 (P2000-196197A)

するステップと、前記半導体膜の前記第1の側に、第2の結晶面を有する熱伝導性基板を、前記第1及び第2の結晶面が整合するように取り付けするステップと、前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、前記半導体膜の前記第1の側の上に金属層を配置するステップと、を含むことを特徴とする。

【0013】また、第6の本発明は、窒化物レーザダイオードアレイ構造の製造方法であって、第1の結晶面を有し、第1の側に取り付けられた絶縁性基板と第2の側に取り付けられた複数の電極とを有する半導体膜を準備するステップと、前記半導体膜の前記第1の側に、第2の結晶面を有する熱伝導性基板を、前記第1及び第2の結晶面が整合するように取り付けするステップと、前記半導体膜の前記第1の側から前記絶縁性基板を除去するステップと、前記半導体膜の前記第1の側の上に金属層を配置するステップと、前記金属層及び前記半導体膜を2つの分離された部分に分けるトレンチを、前記金属層及び前記半導体膜を通してエッチングするステップと、を含むことを特徴とする。

【0014】レーザダイオードアレイ構造を成長させた後に絶縁性基板を除去すれば、レーザダイオードアレイへの電気的コンタクトの形成が簡略化されて、特別な構造の使用が回避され、更に、優れたヒートシンクをレーザダイオードアレイに取り付けることが可能になる。レーザダイオードアレイは、基板の除去の前後に、はんだ付け、熱圧着結合、或いはその他の手段で、熱伝導性ウエハに取り付けられてもよい。絶縁性基板の除去後に熱伝導性基板を取り付けるには、中間ステップとして支持基板を取り付ける必要がある。絶縁性基板の除去前にレーザダイオードアレイに熱伝導性ウエハを取り付ければ、レーザダイオードアレイのレーザ活性層に近い側の上で熱伝導性基板を位置決めすることができる。これにより、絶縁性基板の除去後にレーザダイオードアレイを熱伝導性基板に取り付ける場合に比べて、より効果的なヒートシンク効果を得ることができる。取り付けプロセス中に窒化物レーザ膜を熱伝導性基板に適切に位置合わせすれば、劈開ミラー端面が形成され得る。エッチングではなく劈開によるミラー端面は、完全に並行且つ垂直でスムーズなミラー対を形成する。

【0015】

【発明の実施の形態】以下で簡単に説明する図面は、一定のスケールに従ってない。

【0016】以下の詳細な説明において、説明される実施形態の様々な特徴に関する数値範囲が示されるが、これらの言及された範囲は、例としてのみ取り扱われるべきものであり、その特許請求の範囲の内容を制限することを意図しているものではない。加えて、実施形態の様々な端面に適する材料として数多くの材料が挙げられているが、これらの言及された材料は、例としてのみ取り扱われるべきものであり、その特許請求の範囲の内容を

制限することを意図しているものではない。

【0017】本発明に従ったある実施形態が、図1に示されている。図1は、典型的には $Al_2O_3$ 絶縁性基板215（図2を参照）の上に成長された4重スポットInGaAlNレーザダイオード構造100を示している。この構造100は、n-金属コンタクト120を共有しているレーザダイオード145及び146と、n-金属コンタクト125を共有しているレーザダイオード147及び148とを示している。p-金属コンタクト110はレーザダイオード145に接続し、同様に、p-金属コンタクト135、130、及び115は、それぞれレーザダイオード146、147、及び148に接続している。図1に示される隣接するレーザダイオード間の横方向の間隔は、約 $25\mu m$ である。例えば、レーザダイオード145と146との間隔は、約 $25\mu m$ である。レーザダイオード145、146、147、及び148の長さは、典型的には約 $500\mu m$ である。分離絶縁層140は、誘電体材料、典型的には酸化窒化シリコン、二酸化シリコン、窒化シリコン、或いはポリイミドから形成されている。p-金属コンタクト135及び130における切れ込み（ノッチ；notch）150及び155はそれぞれ、高反射性誘電体コーティング、例えば $TiO_2/SiO_2$ を引き続き蒸着するための開放空間（オープンスペース）を提供する。

【0018】図2は、4重スポットInGaAlNレーザダイオード構造100の断面図を示す。p-GaNキャップ層220が、p-AlGaNクラッド層225の上に位置している。活性層230は、多重量子井戸構造を有するInGaIn層であって、n-AlGaInクラッド層235の上に位置している。層210はn-GaNであって、典型的には $Al_2O_3$ の絶縁性基板であるサファイア基板215の上に位置している。

【0019】図3は、典型的には $Al_2O_3$ サファイア基板215（図2を参照）の上に成長された、他の4重スポットInGaAlNレーザダイオード構造300を示している。4重スポットInGaAlNレーザダイオード構造300は、図1に示した4重スポットInGaAlNレーザダイオード構造100に類似しているが、レーザダイオード145、146、147、及び148に対して個別のn-金属コンタクト310、315、320、及び325がそれぞれ設けられている点で異なっている。各デバイスに対して個別のn-金属コンタクト及びp-金属コンタクトを設ければ、電気的及び熱的なクロストークが最小化される。クロストークを更に減少するためには、非常に深い分離溝340（図3を参照）をエッチングで形成して、レーザダイオード145をレーザダイオード146から、レーザダイオード146をレーザダイオード147から、及びレーザダイオード147をレーザダイオード148から、それぞれ分離すればよい。分離溝340は、サファイア基板215に

(5) 000-196197 (P2000-196197A)

まで達していてもよい(図2を参照)が、最低限でも活性層230の下まで到達しているべきである。これにより、活性層230の内部の注入キャリアの拡散によって生じる光学的クロストーク及び電氣的クロストークが取り除かれる。

【0020】本発明に従ったある実施形態が、図4に示されている。4重スポットInGaAlNレーザダイオード構造400は、サファイア基板215の上に成長されている。レーザダイオード145及び148は、それぞれn-メタルコンタクト410、435及びp-メタルコンタクト415、430を有し、これらは、レーザダイオード146及び147からより明確に分離されるように、ある角度で位置合わせされている。この角度は、結果として得られる分離によって電氣的、及び特に熱的なクロストークが更に低減されるように選択される。レーザダイオード145は、n-メタルコンタクト410及びp-メタルコンタクト415を使用して電氣的コンタクトを得ており、レーザダイオード148は、n-メタルコンタクト435及びp-メタルコンタクト430を使用して電氣的コンタクトを得ている。レーザダイオード146は、p-メタルコンタクト420及びn-メタルコンタクト440を使用して電氣的コンタクトを得ている。n-メタルコンタクト440はレーザダイオード147と共有されており、このレーザダイオード147は、別個のp-メタルコンタクト425を有している。n-メタルコンタクト440を2つの別個のコンタクトに分割して、レーザダイオード146及び147に対して別個のn-メタルコンタクトを提供し、電氣的及び熱的なクロストークを更に低減することもできる。

【0021】図5は、チャンネル構造595の一方の側に4重スポットレーザダイオード100を配置し、チャンネル構造595の他方の側に対応する鏡像のレーザダイオード構造500を配置することによって得られる、デュアル4重スポットレーザダイオード構造501を示している。構造500は、n-メタルコンタクト520を共有しているレーザダイオード545及び546と、n-メタルコンタクト525を共有しているレーザダイオード547及び548とを示している。p-メタルコンタクト510はレーザダイオード545に接続し、同様に、p-メタルコンタクト535、530、及び515は、それぞれレーザダイオード546、547、及び548に接続している。図5に示される隣接するレーザダイオード間の横方向の間隔は、約25 $\mu$ mである。例えば、レーザダイオード545と546との間の間隔は、約25 $\mu$ mである。レーザダイオード545、546、547、及び548の長さは、典型的には約500 $\mu$ mである。構造100は、図1及び図2を参照して先に説明されている。

【0022】図6は、レーザダイオード147及び54

7とチャンネル構造595とに沿ったデュアル4重スポットレーザダイオード構造501の断面を示している。チャンネル構造595は、レーザダイオード145、146、147、148、545、546、547、及び548からの光を垂直方向に出力結合させるための傾斜ミラー575(図6を参照)を含んでいる。アルミニウムでコーティングされたミラー575は、例えば化学的にアシストされたイオンビームエッチング(CAIBE)を使用してドライエッチングされ、その傾斜角度は、エッチングパラメータを変更することによって調節させることができる。図6におけるミラー575の端面の適切な傾斜角度は、45度である。図5及び図6に示された構造によって、近接して間隔を隔てて配置されたデュアル4重スポットレーザダイオード構造が達成される。レーザダイオード145と146との間或いは545と546との間のような隣接するレーザダイオードの間の間隔は、典型的には25 $\mu$ mである。

【0023】図7は、有機金属化学的気相成長法(MOCVD)によってサファイア基板215の上に成長されたInGaAlNヘテロ構造ウエハ600を示している。サファイア基板215は、典型的にはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であり、その厚さは、典型的には100 $\mu$ m~400 $\mu$ mのオーダーの範囲にある。GaN:Mgキャップ層610は厚さ0.1 $\mu$ mであり、Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>N:Mgクラッド層620に隣接している。Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>N:Mgクラッド層620の典型的な厚さは、0.5~1.0 $\mu$ mの範囲である。p型導電型を生成するためにMgが添加されていることに留意されたい。同じく厚さ0.1 $\mu$ mである第2のGaN:Mgクラッド層630がクラッド層620の下に位置しており、p-ドープ導波路として機能する。Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N:Mgクラッド層640は典型的には厚さ20nmであり、トンネル障壁を生成して、注入された電子の漏れを妨げるように機能する。GaN:Si層650は、活性層230に対するn-ドープ導波路として機能する。n型導電型を生成するためにSiが添加されていることに留意されたい。Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>N:Siクラッド層660は、典型的には厚さ0.5~1.5 $\mu$ mである。In<sub>0.03</sub>Ga<sub>0.97</sub>N:Si層665は、典型的には厚さ50nmであり、欠陥低減層として機能する。

【0024】典型的な厚さが4 $\mu$ mであるGaN:Si層210がサファイア基板215の上に位置しており、その後に行われる堆積のための良質な材料を確立すると共に、横方向のコンタクト層を提供するように機能する。ひとたび構造600がMOCVDによって成長されると、(Al)GaN:Mg層610、620、630、及び640におけるMgのp-ドープピングの活性化が行われる。ドーパントの活性化は、N<sub>2</sub>雰囲気中における850℃で5分間の急速熱アニールによって達成される。

(6) 000-196197 (P2000-196197A)

【0025】図8～図12は、本発明に従った4重スポットリッジ導波路レーザダイオード構造に対する主要な製造ステップを示す。層640及び665が図8～図12では示されていない点に留意されたい。図8は、p-メタルの堆積後のウエハ600を示している。p-メタル層710は典型的にはニッケル-金(Ni-Au)であって、熱蒸着とN<sub>2</sub>雰囲気中での急速熱アニールとを使用して堆積される。Ar/Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でのCAIBE或いは反応性イオンエッチング(RIE)を使用したドライエッチングが行われて、図9に示すメサ構造がエッチングされる。ミラー(図示されず)も、CAIBE或いはRIEプロセスを使用してドライエッチングされる。図10は、CAIBE或いはRIEを使用したAr/Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でのリッジ導波路707及びトレンチ711のエッチング後のウエハ600を示している。図11は、熱蒸着とN<sub>2</sub>雰囲気中での急速熱アニールとを使用した、典型的にはチタン-アルミニウム(Ti-Al)であるn-メタル720の堆積の結果を示している。

【0026】次に、誘電体分離の堆積が、プラズマ強化化学的気相成長法(PECVD)を使用して、誘電体として例えば酸化窒化シリコン、酸化シリコン、或いは窒化シリコンを使用して、行われる。誘電体としては、ポリミドも使用されることができる。誘電体分離層755に、CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>雰囲気中での高周波(RF)プラズマエッチングを使用してコンタクト窓が開けられ、その後、熱蒸着を使用してチタン/金のp-メタルコンタクトパッドが堆積される。図12は、p-メタルコンタクトパッド730及びn-メタルコンタクトパッド720の堆積後のウエハ600を示している。その後、基板215が機械的研磨によって薄くされて、ウエハ600を劈開してレーザダイオードを個々のデバイスにするための準備を行う。最終ステップでは、レーザダイオードのミラー(図示せず)の正面側及び裏側に電子ビーム蒸着を使用してSiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>高反射率コーティングを蒸着して、レーザ閾値電流を低減すると共にミラー表面を保護する。

【0027】図13は、本発明に従った、Ga<sub>0.5</sub>N/A<sub>0.5</sub>GaNを使用してサファイア基板215の上に形成された4重スポットレーザダイオード構造800のある実施形態を示している。4重スポットレーザダイオード構造800は、n-GaN埋込層885からp-GaN或いはAlGa<sub>0.3</sub>Nブロック層890によって分離されたn-GaN埋込層210を使用して、埋込電流チャネル850及び855を形成している。埋込電流チャネル850及び855は、それぞれn-メタルコンタクト815及び820から伸びて、レーザダイオード830及び836にコンタクトしている。埋込電流チャネル870及び875は、それぞれn-メタルコンタクト810及び825から伸びて、p-GaN或いはAlGa<sub>0.3</sub>Nブロック

層890とサファイア基板215とに挟まれたn-GaN埋込層885を使用して、レーザダイオード832及び834にそれぞれコンタクトしている。典型的には、サファイア基板215はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されている。レーザダイオード830及び832、832及び834、並びに834及び836のレーザダイオード対は、それぞれ溝831、833、及び835によって、光学的且つ電気的にお互いに分離されている。溝833は最下層のGa<sub>0.5</sub>N層885を通してエッチングされているが、溝831及び835はp-GaN層890のみを通してエッチングされており、それぞれ電流が内側のレーザダイオード832及び834へ流れるようにしている。Ga<sub>0.5</sub>N或いはAlGa<sub>0.3</sub>N層890は、所望であれば絶縁層を形成してもよい。

【0028】p-メタルコンタクトパッド816は、先に図1～図6に示されたように、多くの異なった様式で配置されることができる。図13では、個々が独立してアドレス可能なp-メタルコンタクトパッド816は、p-AlGa<sub>0.3</sub>Nクラッド層225に形成された分離層(図示せず)の窓(図示せず)を通して、レーザダイオード830、832、834、及び836に接続されている。本発明に従った代替的な実施形態が、図14に示されている。図14に示される4重スポットレーザダイオード構造801は共通p-メタルコンタクト817を有しており、この共通p-メタルコンタクト817は、溝831、833、及び835とp-GaNコンタクト層818を囲む領域と(図13を参照)をポリミドのような絶縁体で埋めることによって、形成されている。個々のレーザダイオード830、832、834、及び836のアドレス可能性は、n-メタルコンタクト815、810、825、及び820によって、それぞれ確保されている。共通p-メタルコンタクト構造は、4つよりも多くの近接して間隔を隔てて設けられたレーザダイオードに拡張されることができるが、そのためには、図14に示されたレーザダイオード構造801に対してレーザダイオード構造が2つ付加される毎に、1対のn-及びp-GaN層を追加すればよい。

【0029】幾つかのレーザダイオードドライバ回路においては、4重スポットレーザダイオード構造801に対して共通n-メタルコンタクト構造を設ける方が便利である。これは、4重スポットレーザダイオード構造801における全ての層の極性を逆転することによって(図15を参照)、容易に達成される。これにより、電流チャネル850、855、870、及び875がp型チャネルになる。しかし、この配置は、現在のところは窒化物レーザにとって望ましいものではない。なぜなら、p型Ga<sub>0.5</sub>Nにおけるキャリア移動度と達成可能なドーピングレベルとが、n型Ga<sub>0.5</sub>Nに比べて著しく低いからである。

【0030】本発明のある実施形態において、図15



(7) 000-196197 (P2000-196197A)

は、サファイア基板215の上に有機金属化学的気相成長法(MOCVD)によって成長されたInGaAlNヘテロ構造ウエハ900を示している。ウエハ900の層構造は、典型的には厚さが数100nmのp-(Al) GaN:Mg分離層890と典型的には厚さが少なくとも1~2μmの第2のn-GaN:Si層885とが付加されている以外は、図7のウエハ600と同じである。分離層890は、GaN層885をGaN層210から電気的に分離することを目的としているので、絶縁体として成長させることもできる。n-GaN層885及びp-GaN分離層890の成長に引き続いて、ウエハ900が成長反応炉から取り出され、レーザダイオード832及び834(図13を参照)が位置することになる領域から分離層890が選択的に除去される。分離層890の選択的な除去の後に、エッチングされたウエハ900は成長反応炉に戻されて、GaN:Si層210、並びに図7及び図15に示すような引き続く層の成長が行われる。この実施形態では、GaN:Si層210及び885は、電子濃度を $10^{18}/\text{cm}^3$ オーダにして高導電度を達成するようにドーピングされる。個々のレーザダイオード830、832、834、及び836は、上述され且つ図8~図12に示されるものと同様に、エッチングされる。

【0031】n-メタルコンタクト810、815、820、及び825(図13及び図14を参照)は、より上部の層を選択的に除去することによって形成される。具体的には、n-メタルコンタクト815及び820を形成するためには、n-GaN層210までの全ての層を選択的に除去する必要がある、n-メタルコンタクト810及び825を形成するためには、n-GaN層885までの全ての層を選択的に除去する必要がある。n-メタルコンタクト810、815、820、及び825の堆積は、ウエハ900をマスクしてコンタクトメタライゼーション及びリフトオフパターニングを行うことによって行われる。n-メタルコンタクト810、815、820、及び825は、典型的にはTi-Alであり、p-メタルコンタクトパッド816或いはパッド817は、典型的にはNi-Auである。

【0032】サファイア基板215の除去は、窒化物レーザダイオードにとって有用である。なぜなら、基板215を除去することで、縦型の電気的コンタクト構造、より良好なヒートシンク効果、及び劈開されたミラー端面の実現を含む効果が得られるからである。

【0033】図16は、サファイア基板215の上に成長された2重スポットInGaAlNレーザダイオード構造1000の層構造の、サファイア基板215の除去前の状態を示す。この層構造は、図7に示された層構造に類似している。酸化窒化シリコン、二酸化シリコン、或いは窒化シリコンであり得る分離体1016は、多重量子井戸活性層230をお互いに分離すると共に、これ

らの活性層を図16に示される他の層から電気的に分離する。2つのp-コンタクト1020は、2重スポットレーザダイオード構造1000を形成する2つのレーザダイオードへの個別の電気的コンタクトを提供する。端面の劈開を可能にするために、活性層230の中のレーザ共振器は、GaN層210、665、660、650、640、630、620、610及び活性層230の結晶面に垂直な方向に向けられる必要がある。2重スポットレーザダイオード構造1000のためのプロセスは、先に述べたレーザダイオード構造600のためのプロセスに非常に類似している。

【0034】図17~図22は、本発明のある実施形態に従って、レーザリフトオフによりサファイア基板215を除去し、支持基板1105を使用して半導体膜(メンブレン)1110を熱伝導性基板1138へ結合するステップを、模式的に示している。本発明のある実施形態に従えば、半導体膜1110は、典型的にはInGaAlN型の膜からできている。はじめに、サファイア基板215の裏面1115を、非常にスムーズな表面仕上げになるまで研磨して、裏面1115からの光の散乱を最小化する。研磨は、一連のダイヤモンドパッドを使用して、機械的に達成される。研磨プロセスの間に、ダイヤモンドグリッドのサイズは、約30μmのグリッドサイズから0.1μmのグリッドサイズまで次第に減少する。研磨後の典型的な二乗平均(rms)粗さは、約20~50オングストロームである。

【0035】図17では、2重スポットレーザダイオード構造1000をワックス或いはエポキシ層1106を使用して支持基板1105に搭載して、サファイア基板215を除去してから基板1138を半導体膜1110に結合するまでの半導体膜1110に対する支持体を得る。図18では、サファイア基板215及び半導体膜1110を紫外エキシマレーザ光1120に露光する。エキシマレーザ(図示せず)の適切な調節で、サファイア基板215と半導体膜1110との間の界面に、薄いGaN層1130を堆積させることができる。GaN層1130は、GaメタルとN<sub>2</sub>とに分解する。308nmで動作するXeClエキシマレーザについては、均質化器(ホモジェナイザ; homogenizer)を通過後のビームサイズ4mm×4mmのレーザエネルギーは、約600~750mJ/cm<sup>2</sup>の範囲であるべきである。均質化器は、ガウス状レーザビームを平坦な台地状レーザビームに変換して、ビームの均一性を改善する。レーザビームで領域表面をスキャンすることによって、より大きい領域を露光させることができる。エキシマレーザは、典型的には5~10Hzでパルス駆動され、典型的には1つのパルスで、GaN層1130の分解を十分に達成できる。研磨された裏面1115によって、GaN層1130が均一にエキシマレーザに露光される。



(8) 000-196197 (P2000-196197A)

【0036】図19では、2重スポットレーザダイオード構造1000をGaメタルの融点である約30℃まで加熱することによって、サファイア基板215をその界面で半導体膜1110から分離する。界面の半導体膜1110の上に存在する残存Gaメタル層は、蒸留水と等量の塩酸(HCl)液によって除去される。半導体膜1110の上の界面における約0.5~1μmのダメージ膜は、Ar/Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でのドライエッチングによって除去される。典型的には、CAIBE或いはRIEがドライエッチングのために使用される。低エネルギー(約400eVよりも低い)Arイオンスパッタリングがドライエッチング後に行われて、ドライエッチングによって生じた表面ダメージを低減する。

【0037】図20では、熱蒸着によるn-メタル層1117、典型的にはチタン/アルミニウムを堆積する。ワックス或いはエポキシ層1106を使用するとn-メタル層1117がアロイ化しないが、これは、ワックス或いはエポキシの融点が、n-メタル層1117のアロイ化温度である約500℃よりも、典型的には十分に低いからである。

【0038】図21を参照すると、典型的にはチタン/金からなるメタルコンタクト層1121が、典型的にはシリコン、シリコンカーバイド、或いはダイヤモンドである基板1138の上に、熱蒸着或いは電子ビーム(e-ビーム)蒸着によって堆積される。シリコンは、電気的及び熱的に伝導性(室温で約1.5W/cmK及び100℃で約0.97W/cmK)の経済的な基板材料であり、ミラーの劈開及びシリコンドライバチップのレーザダイオードへの集積を可能にする。シリコンカーバイドは高価な基板材料であって、電気的及び熱的に伝導性(室温で約5W/cmK及び100℃で約3.2W/cmK)であり、ミラーの劈開を可能にする。ダイヤモンドは非常に高価な基板材料であって、最も良く知られた熱伝導体(室温で約20W/cmK及び100℃で約15.5W/cmK)であり、メタライズされて導電性にされることができ、且つミラーの劈開を可能にする。

【0039】他の可能な基板材料は銅であり、これは非常に経済的で、また良好な熱伝導体である(約4W/cmK)。銅基板材料ではミラーの劈開は不可能であり、ミラーはエッチングされる必要がある。

【0040】典型的にはIn或いはPbSnであるはんだ層1141が堆積されて、基板1138を半導体膜1110に結合させる。はんだ層1141は、典型的には、基板1138への付着を更に良好にするためにTi/Au層を有することができ、はんだ層1141の露出表面の酸化を防ぐために、結合に先立って薄いAu膜が形成されてもよい。メタルは、熱蒸着或いは電子ビーム(e-ビーム)蒸着によって、典型的な膜厚1~2μmに堆積される。

【0041】図21に示されるフリップチップ結合に先立って、半導体膜1110の垂直結晶面にシリコン、シリコンカーバイド、或いはダイヤモンドの適切な結晶面を整合させて、劈開を可能にする必要がある。図23は、本発明のある実施形態に従った、劈開前の半導体膜1110及び基板1138の関連する結晶面の望ましい配置を示している。デバイスは、半導体膜1110の{1-100}面及び基板1138の{111}面に沿って劈開される。図24は、劈開後の半導体膜1110及び基板1138の関連する結晶面を示している。劈開された端面1295も、示されている。図25は、本発明のある実施形態に従って、劈開前の半導体膜1110及びシリコン基板1138の関連する結晶面の望ましい配置を示している。図25において、シリコン基板1138の{1-11}結晶面は、半導体膜1110の{1-100}結晶面に並行である。この方向(オリエンテーション; orientation)により、劈開後の半導体膜1110及び基板1138の関連する結晶面を示す図26に示されるように、シリコン基板1138の容易な劈開が可能になる。

【0042】半導体膜1110及びシリコン基板1138の関連する結晶面を適切に配置した後に、半導体膜1110が基板1138に結合される。本発明のある実施形態に従えば、はんだ層1141が結合のために使用される。はんだ層1141の組成に依存して、はんだ層1141と基板1138とが適切な結合温度まで、酸化物の形成を避けるためにフォーミングガス雰囲気中で加熱される。はんだ層1141としてInが使用されるときには、約180℃の結合温度が典型的に使用される。はんだ層1141の露出表面の上にPd或いはAu膜が堆積されていなければ、加熱に先立ってフラックス或いは塩酸液を使用して、はんだ層1141の露出表面の上に存在している酸化物を除去してもよい。酸化物除去のための他の既知の技術も、使用することができる。はんだ層1141としてPbSnを使用するときには、約220℃の結合温度が典型的に使用される。はんだ層1141の露出表面の上にAu膜が堆積されていなければ、先述のように結合に先立って酸化物が除去されてもよい。

【0043】本発明のある実施形態に従えば、半導体膜1110を基板1138に結合させるために、Au-Au熱圧着結合を使用することもできる。Au-Au熱圧着結合は、半導体膜1110と基板1138との間に、より良好な熱的コンタクトを形成する。注意すべき点は、Au-Au熱圧着結合を使用して基板1138を半導体膜1110に結合させるときには、はんだ層1141が存在しないことである。Au-Au熱圧着結合における典型的な結合温度は、約350℃である。

【0044】結合された構造1176(図22を参照)は、結合負荷が印加された状態で約20℃まで冷却される。例えば、In或いはPbSnはんだと共に使用され

(9) 000-196197 (P2000-196197A)

る結合負荷は、結合面積が $25\text{mm}^2$ であるときには約 $0.2\text{kg}$  (約 $200\text{g}$ )である。 $\text{Au-Au}$ 熱圧着結合が使用されるときには、結合負荷は典型的には約 $1.5\text{kg/mm}^2$  (約 $1500\text{g/mm}^2$ )である。図22では、アセトン或いは他の適切な溶媒にワックス或いはエポキシ層1106 (図21を参照)を溶かすことによって、支持基板1105を除去している。

【0045】レーザダイオード端面1295 (図24及び図26を参照)の劈開は、シリコン、シリコンカーバイド、或いはダイヤモンドの基板1138の端から劈開を半導体膜1110の中に進行させることによって達成される。或いは、レーザダイオード端面1295は、 $\text{Ar/Cl}_2/\text{BCl}_3$ ガス混合物の中で、CAIBEを使用してドライエッチングされてもよい。レーザダイオード端面1295は、電子ビーム (e-ビーム) 蒸着を使用して $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ 高反射率コーティングを堆積することによって、反射性にされる。

【0046】図27に示す本発明のある実施形態では、サファイア基板215 (図16を参照)が除去された4重スポットレーザダイオード構造1000のレーザアレイ1350が、典型的にはシリコンをベースにしたドライパチップである電子ドライパチップ1310の上に集積されている。具体的には、図27は、レーザアレイ1350及び電界効果トランジスタ1320の断面図を示している。電界効果トランジスタ1320は、レーザダイオード構造1000への電流をスイッチングするために使用される。サファイア基板215 (図19を参照)の除去後に、半導体膜1110は、典型的にははんだによって、先述のようにドライパチップ1310に取り付けられる。取り付けに先立って、電子ドライパチップ1310の上には、既知の集積回路プロセス方法を使用してドライバ回路1325 (図28を参照)が形成される。レーザアレイ1350をドライバ回路1325の近くに配置することで、レーザダイオード1000の高速変調が可能になって、多くのレーザチャネルが収納される。これより、本実施形態は、マルチビームレーザアレイ1350が使用されるプリンタ用途にて有用であり、並列光通信の分野にも同様に適用可能である。

【0047】図29～図34は、本発明に従って、共通p-コンタクト1422を使用して半導体膜1110を基板1138に結合させ、それに引き続いて、サファイア基板215をレーザリフトオフを使用して除去して2重スポットレーザ構造1400 (図34を参照)を形成するステップを、模式的に示している。基板1138を、半導体膜1110のサファイア基板215が取り付けられているのとは反対側へ結合させれば、優れたヒートシンク効果が得られる。これは、熱伝導性基板1138が活性層230 (図16を参照)から僅か $1\mu\text{m}$ しか離れていないためであり、図17～図22に示される方法及び構造においては、両者は $4\sim 14\mu\text{m}$ 離れてい

る。

【0048】先述のように、サファイア基板215を非常にスムーズな表面仕上げになるまで研磨して、散乱光を最小限にする。共通p-コンタクト1422が基板1138の上に蒸着され、その後に窒素雰囲気中で急速熱アニールが行われる。図29は、基板1138の上の共通p-コンタクト1422を示す。典型的には、p-コンタクト1422は $\text{Ti/Au}$ である。

【0049】はんだ層1141、例えばIn或いはPbSnが堆積されて、基板1138を半導体膜1110に結合させる。 $\text{Au-Au}$ 熱圧着結合を使用して基板1138を半導体膜1110に結合させるときには、はんだ層1141は使用されない。はんだ層1141は、典型的には、基板1138への付着を更に良好にするために $\text{Ti/Au}$ 膜を有することができて、この結果として、はんだ層1141は $\text{Ti/Au/In}$ 或いは $\text{Ti/Au/PbSn}$ となる。酸化を防ぐために、結合に先立って薄いAu膜をはんだ層1141の露出表面に形成してもよい。メタルは、熱蒸着或いは電子ビーム (e-ビーム) 蒸着によって、典型的な膜厚 $1\sim 2\mu\text{m}$ に堆積される。

【0050】先述のように、半導体膜1110及びシリコン基板1138の関連する結晶面を適切に配置した後に、半導体膜1110が基板1138に結合される。基板1138は、典型的にはシリコン、シリコンカーバイド、或いはダイヤモンドである。はんだ層1141の組成に依存して、はんだ層1141と基板1138とが適切な結合温度まで、酸化物の形成を避けるためにフォーミングガス雰囲気中で加熱される。はんだ層1141としてInが使用されるときには、約 $180^\circ\text{C}$ の結合温度が典型的に使用される。はんだ層1141の露出表面の上にPd或いはAu膜が堆積されていなければ、加熱に先立ってフラックス或いは塩酸液を使用して、はんだ層1141の露出表面の上に存在している酸化物を除去してもよい。酸化物除去のための他の既知の技術も、使用することができる。はんだ層1141としてPbSnを使用するときには、約 $220^\circ\text{C}$ の結合温度が典型的に使用される。はんだ層1141の露出表面の上にAu膜が堆積されていなければ、先述のように結合に先立って酸化物が除去されてもよい。本発明のある実施形態に従って、はんだ層1140に代えて $\text{Au-Au}$ 熱圧着結合を使用するときには、典型的な結合温度は約 $350^\circ\text{C}$ である。

【0051】結合されたレーザ構造1410 (図30を参照)は、結合負荷が印加された状態で約 $20^\circ\text{C}$ まで冷却される。例えば、In或いはPbSnはんだと共に使用される結合負荷は、結合面積が $25\text{mm}^2$ であるときには約 $0.2\text{kg}$  (約 $200\text{g}$ )である。 $\text{Au-Au}$ 熱圧着結合が使用されるときには、結合負荷は $1.5\text{kg/mm}^2$  ( $1500\text{g/mm}^2$ )である。結合の完了後

(01)00-196197(P2000-196197A)

に、結合されたレーザ構造1410はエキシマレーザ光1120に露光され、サファイア基板215と半導体膜1110との間の界面で薄いGa<sub>2</sub>N層1141が分解されてGaメタルとN<sub>2</sub>とを形成する。エキシマレーザの動作条件は、図18を参照して先に説明したものと同一である。

【0052】図31は、結合されたレーザ構造1410をGaメタルの融点である約30℃まで加熱することによる、サファイア基板215の半導体膜1110からのリフトオフを示している。Gaメタルは、半導体膜1110の表面から、塩酸(HCl)液(HCl:H<sub>2</sub>O=1:1)を使用して除去される。半導体膜1110の上の界面における約0.5~1μmのダメージ膜は、Ar/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でのドライエッチングによって除去される。典型的には、CAIBE或いはRIEがドライエッチングのために使用される。低エネルギー(約400eVよりも低い)Arイオンスパッタリングがドライエッチング後に行われて、ドライエッチングによって生じた表面ダメージを低減する。

【0053】サファイア基板215のリフトオフ後に、裏面ミラー端面1482(図34を参照)が、Ar/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でCAIBE或いはRIEを使用してドライエッチングされる。裏面ミラー端面1482のエッチングにより、結合されたレーザ構造1410がレーザ共振器長よりも長くなる。これは、短波長レーザ共振器のために正面側及び裏面側の端面を両方とも高い歩留まりで劈開することが困難であるときに、有用である。レーザ構造1410の長さを増すことで熱抵抗を低くすることもできるが、これは、レーザ共振器の加熱を防ぐために効果的である。

【0054】図32は、堆積されたn-メタル層1477を示している。n-メタル層1477は典型的にはTi/Alであり、半導体膜1110の上に熱蒸着によって堆積される。はんだ層1141が例えばIn、PbSn、或いはAuSnであると、はんだ層1141の融点はおおよそ160~300℃の範囲であって、これは、アロイ化温度が約500℃であるn-メタル層1477のアロイ化を防ぐ。n-メタルコンタクト1477をアロイ化させるために、はんだ結合に代えてAu-Au或いはPdIn<sub>3</sub>結合を使用することもできる。n-メタル層1477は、450~500℃の範囲で約5分間の急速熱アニールを使用してアロイ化される。アロイ化されたn-メタル層1477は、アロイ化されていないn-メタル層1477よりも接触抵抗が低い。アロイ化されたn-メタル層1477を有するデバイスの動作電圧は、典型的には、アロイ化されていないn-メタル層1477を有するデバイスよりも1~2V低い。引き続いて、n-コンタクトパッド1478(図34を参照)、典型的にはTi/Auが、n-メタル層1477の上に熱蒸着によって堆積される。n-コンタクトパッド14

78のAu表面は、ワイヤボンディングのための結合表面として機能し、n-コンタクトパッド1478のTi底面は、付着を改善するために使用される。

【0055】図33は、Ar/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でCAIBE或いはRIEによるドライエッチングを使用した、n-メタル層1477及び半導体膜1110を2つの部分に分離するトレンチ1433の形成を示す。正面ミラー端面1481は、基板1138の端から図34の線1498に沿って劈開を進行させることによって、劈開される。或いは、正面ミラー端面1481は、Ar/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でのCAIBE或いはRIEによるドライエッチングを使用して形成されることもできる。裏面ミラー端面1482は、基板1138の端から図34の線1499に沿って劈開を進行させることによって、劈開される。裏面ミラー端面1482を、Ar/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でのCAIBE或いはRIEによるドライエッチングを使用して形成してもよい。引き続いて、SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>高反射率コーティングが、正面ミラー端面1481及び裏面ミラー端面1482の上に電子ビーム(e-ビーム)蒸着を使用して形成される。

【0056】図35~図39は、本発明に従って、共通n-コンタクトを使用して半導体膜1110を基板1138に結合させ、サファイア基板215をレーザリフトオフを使用して除去して2重スポットレーザ構造1510(図39を参照)を形成するステップを、模式的に示している。典型的には、基板1138はシリコン、シリコンカーバイド、或いはダイヤモンドである。これらの何れによっても、サファイア基板215によって得られるヒートシンク効果よりも優れたヒートシンク効果が得られる。サファイアの熱伝導率は、室温で僅かに約0.46W/cmKであり、100℃では約0.32W/cmKまで低下する。前述のように、サファイア基板215の裏面1115を非常にスムーズな表面仕上げになるまで研磨して、散乱光を最小限にする。

【0057】図35は、デバイスのパッケージングの前に基板1138の裏面側に堆積された、典型的にはTi/Auであるメタル結合層1522を示している。誘電体分離層1509が、例えばPECVDを使用して、基板1138の正面側に堆積される。誘電体分離層1509は、典型的には酸化窒化シリコン、二酸化シリコン、或いは窒化シリコン材料から形成されている。基板1138がダイヤモンド或いは半絶縁性SiCのような絶縁性材料でできていれば、誘電体分離層1509は必要ない。メタルコンタクトパッド1530は誘電体分離層1509の上に堆積されるが、基板1138が絶縁性であれば、基板1138の上に堆積される。メタルコンタクトパッド1530は、典型的には、熱蒸着或いは電子ビーム(e-ビーム)蒸着によって堆積されたTi/Au膜であって、Ti膜は厚さ30nm(300オングスト

(1) 00-196197 (P2000-196197A)

ローム)、Au膜は厚さ1~2 $\mu$ mである。メタルコンタクトパッド1530のパターニングにあたっては、半導体膜1110の縦方向の結晶面が図36に示すアセンブリ上の基板1138の適当な結晶面(図23~図26を参照)に並行になって、劈開が可能になるように注意する必要がある。

【0058】パターニングされたはんだ層1541がメタルコンタクトパッド1530の上に堆積されて、基板1138を半導体膜1110に結合させる。Au-Au熱圧着結合を使用して基板1138を半導体膜1110に結合させるときには、はんだ層1541は使用されない。はんだ層1541は、典型的には、基板1138への付着を更に良好にするためにTi/Au膜を有することができ、この結果として、層1541はTi/Au/In或いはTi/Au/PbSnとなる。酸化を防ぐために、結合に先立って薄いAu膜をはんだ層1541の露出表面に形成してもよい。メタルは、熱蒸着或いは電子ビーム(e-ビーム)蒸着によって、典型的な膜厚1~2 $\mu$ mに堆積される。

【0059】はんだ層1541の組成に依存して、はんだ層1541と基板1138とが適切な結合温度まで、酸化物の形成を避けるためにフォーミングガス雰囲気中で加熱される。はんだ層1541としてInが使用されるときには、約180℃の結合温度が典型的に使用される。はんだ層1541の露出表面の上にPd或いはAu膜が堆積されていなければ、加熱に先立ってフラックス或いは塩酸液を使用して、はんだ層1541の露出表面の上に存在している酸化物を除去してもよい。酸化物除去のための他の既知の技術も、使用することができる。はんだ層1541としてPbSnを使用するときには、約220℃の結合温度が典型的に使用される。Au-Au熱圧着結合を使用するときには、典型的な結合温度は約350℃である。はんだ層1541の露出表面の上にAu膜が堆積されていなければ、先述のように結合に先立って酸化物を除去してもよい。

【0060】結合されたレーザ構造1510(図36を参照)は、結合負荷が印加された状態で約20℃まで冷却される。例えば、In或いはPbSnはんだと共に使用される結合負荷は、結合面積が25mm<sup>2</sup>であるときには約0.2kg(約200g)である。Au-Au熱圧着結合が使用されるときには、結合負荷は典型的には約1.5kg/mm<sup>2</sup>(約1500g/mm<sup>2</sup>)である。Au-Au熱圧着結合は、はんだ結合よりも、非常に高い結合負荷を必要とする。Au-Au熱圧着結合によれば約3.18W/cmKの優れた熱伝導率が得られるのに対して、Inはんだ及びPbSnはんだでは、それぞれ約0.87W/cmK及び約0.4W/cmKの熱伝導率しか得られない。結合の完了後に、レーザ構造1510はエキシマレーザ光1120に露光され、サファイア基板215と半導体膜1110との間の界面で薄いG

aN層1141が分解されてGaメタルとN<sub>2</sub>とを形成する。エキシマレーザの動作条件は、図18を参照して先に説明したものと同一である。

【0061】図37は、レーザ構造1510(図36を参照)をGaメタルの融点である約30℃まで加熱することによる、サファイア基板215の半導体膜1110からのリフトオフを示している。Gaメタルは、半導体膜1110の表面から、塩酸(HCl)液(HCl:H<sub>2</sub>O=1:1)を使用して除去される。半導体膜1110の上の界面における約0.5~1 $\mu$ mのダメージ膜は、Ar/Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でのドライエッチングによって除去される。典型的には、CAIBE或いはRIEがドライエッチングのために使用される。低エネルギー(約400eVよりも低い)Arイオンスパッタリングがドライエッチング後に行われて、ドライエッチングによって生じた表面ダメージを低減する。

【0062】サファイア基板215のリフトオフ後に、裏面ミラー端面1582(図39を参照)を、Ar/Cl<sub>2</sub>/BCl<sub>3</sub>ガス混合物の中でCAIBE或いはRIEを使用してドライエッチングしてもよい。裏面ミラー端面1582のエッチングにより、2重スポットレーザ構造1510がレーザ共振器長よりも長くなる。これは、短波長レーザ共振器のために正面側及び裏面側の端面を両方とも高い歩留まりで劈開することが困難であるときに、有用である。レーザ構造1510をレーザ共振器長よりも長くすることで熱抵抗を低くすることもできるが、これは、レーザ共振器の過熱を防ぐために効果的である。

【0063】図38は、熱蒸着による半導体膜1110の上へのn-メタル層1577の堆積を示している。n-メタル層1577は、典型的にはTi/Alである。はんだ層1541がIn、PbSn、或いはAuSnであると、はんだ層1541の融点はおおよそ160~300℃の範囲であって、これは、アロイ化温度が約500℃であるn-メタル層1577のアロイ化を防ぐ。n-メタル層1577をアロイ化させるために、はんだ結合に代えてAu-Au或いはPdIn<sub>3</sub>結合を使用することもできる。n-メタル層1577は、450~500℃の範囲で約5分間の急速熱アニールを使用してアロイ化される。前述のように、アロイ化されたn-メタル層1577は、アロイ化されていないn-メタル層1577よりも接触抵抗が低い。引き続いて、n-コンタクトパッド1578(図39を参照)、典型的にはTi/Auが、n-メタル層1577の上に熱蒸着を使用して堆積される。n-コンタクトパッド1578のAu表面は、ワイヤボンディングのための結合表面として機能し、n-コンタクトパッド1578のTi底面は、付着を改善するために使用される。

【0064】図39は、個別の2重スポットレーザデバイスを形成するためのウエハの劈開に先立つ、2重スポ

(特 2) 100-196197 (P2000-196197A)

ットレーザ構造1510の上面図を示す。正面ミラー端面1581は、基板1138(図23~図26及び図35を参照)の端から図39の線1598に沿って劈開を進行させることによって、劈開される。或いは、正面ミラー端面1581は、 $Ar/Cl_2/BCl_3$ ガス混合物の中でのCAIBE或いはRIEによるドライエッチングを使用して形成されてもよい。裏面ミラー端面1582は、基板1138(図23~図26及び図35を参照)の端から図39の線1599に沿って劈開を進行させることによって、劈開される。或いは、裏面ミラー端面1582は、 $Ar/Cl_2/BCl_3$ ガス混合物の中でのCAIBE或いはRIEによるドライエッチングを使用して形成されてもよい。引き続いて、 $SiO_2/TiO_2$ 高反射率コーティングが、正面ミラー端面1581及び裏面ミラー端面1582の上に電子ビーム(e-ビーム)蒸着を使用して形成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造のレイアウトの上面図である。

【図2】 図1の断面図である。

【図3】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造のレイアウトの上面図である。

【図4】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造のレイアウトの上面図である。

【図5】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造のレイアウトの上面図である。

【図6】 図5の断面図である。

【図7】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造の各層を示す断面図である。

【図8】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造の製造ステップを示す断面図である。

【図9】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造の製造ステップを示す断面図である。

【図10】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造の製造ステップを示す断面図である。

【図11】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造の製造ステップを示す断面図である。

【図12】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造の製造ステップを示す断面図である。

【図13】 本発明に従ったある実施形態における4重

スポットレーザダイオード構造を示す断面図である。

【図14】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造を示す断面図である。

【図15】 本発明に従ったある実施形態における4重スポットレーザダイオード構造の各層を示す断面図である。

【図16】 本発明に従ったある実施形態における2重スポットレーザダイオード構造を示す断面図である。

【図17】 本発明に従ったある実施形態における、2重スポットレーザ構造からのサファイア成長基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図18】 本発明に従ったある実施形態における、2重スポットレーザ構造からのサファイア成長基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図19】 本発明に従ったある実施形態における、2重スポットレーザ構造からのサファイア成長基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図20】 本発明に従ったある実施形態における、2重スポットレーザ構造からのサファイア成長基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図21】 本発明に従ったある実施形態における、2重スポットレーザ構造からのサファイア成長基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図22】 本発明に従ったある実施形態における、2重スポットレーザ構造からのサファイア成長基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図23】 シリコン及びInGaAlN膜の結晶面を示す図である。

【図24】 本発明に従ったある実施形態におけるInGaAlN膜の劈開端面を示す図である。

【図25】 シリコン及びInGaAlN膜の結晶面を示す図である。

【図26】 本発明に従ったある実施形態におけるInGaAlN膜の劈開端面を示す図である。

【図27】 本発明に従ったある実施形態における、電子ドライバチップ上への窒化物レーザアレイの集積を示す断面図である。

【図28】 本発明に従ったある実施形態における、電子ドライバチップ上に形成された回路を示す図である。

【図29】 本発明に従ったある実施形態における、共通p-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図30】 本発明に従ったある実施形態における、共通p-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図31】 本発明に従ったある実施形態における、共通p-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステッ

( 3 ) 100-196197 ( P2000-196197A )

ブを示す図である。

【図32】 本発明に従ったある実施形態における、共通p-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図33】 本発明に従ったある実施形態における、共通p-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図34】 本発明に従ったある実施形態における、共通p-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す上面図である。

【図35】 本発明に従ったある実施形態における、共通n-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図36】 本発明に従ったある実施形態における、共通n-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図37】 本発明に従ったある実施形態における、共通n-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

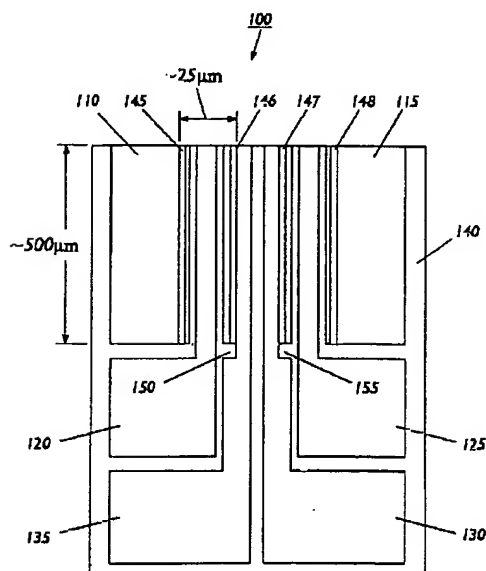
【図38】 本発明に従ったある実施形態における、共通n-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

【図39】 本発明に従ったある実施形態における、共通n-コンタクトを有する2重スポットレーザ構造からのサファイア基板の除去及び熱伝導性基板の付加ステップを示す断面図である。

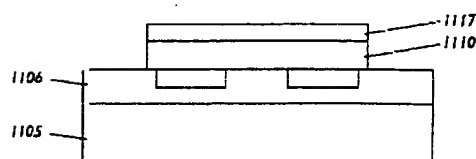
【符号の説明】

100 レーザダイオード構造、120, 125 n-メタルコンタクト、110, 115, 130, 135 p-メタルコンタクト、145, 146, 147, 148 レーザダイオード、150, 155 切れ込み(ノッチ)、215 サファイア基板、230 活性層、1020 p-コンタクト、1105 支持基板、1110 半導体膜、1138 基板、1117 メタル層。

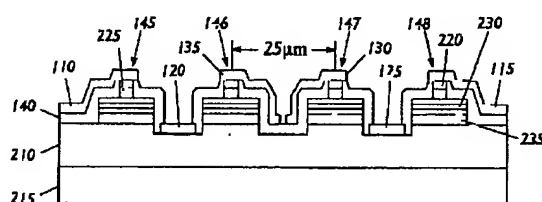
【図1】



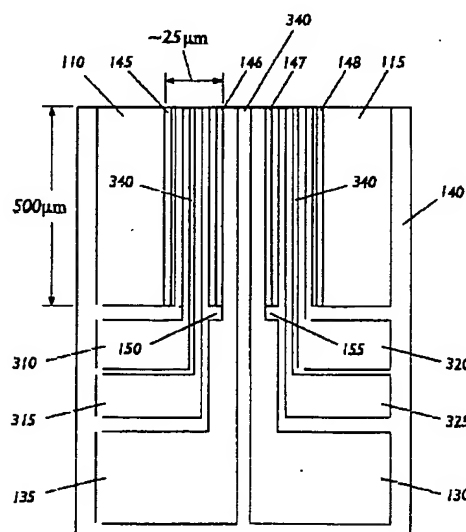
【図20】



【図2】

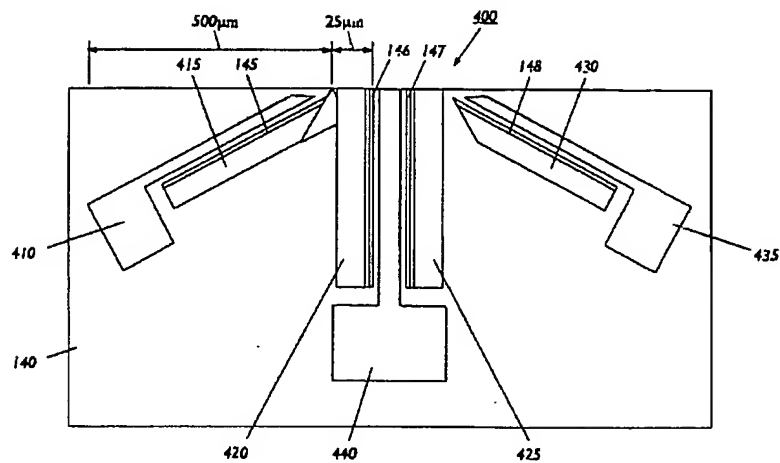


【図3】

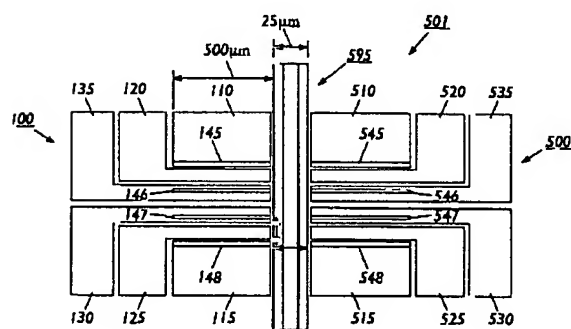


( 4 ) 100-196197 ( P2000-196197A )

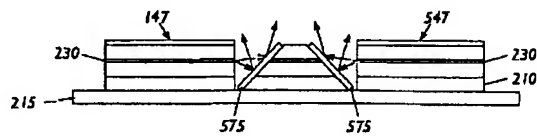
【図4】



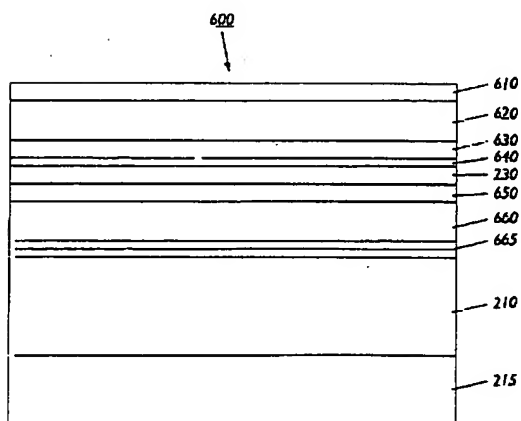
【図5】



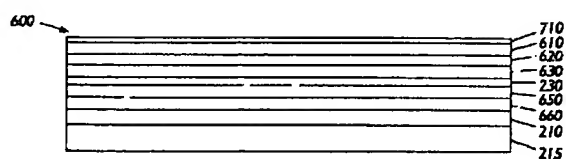
【図6】



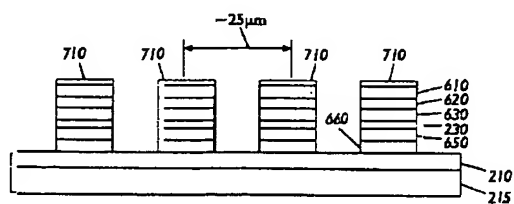
【図7】



【図8】



【図9】

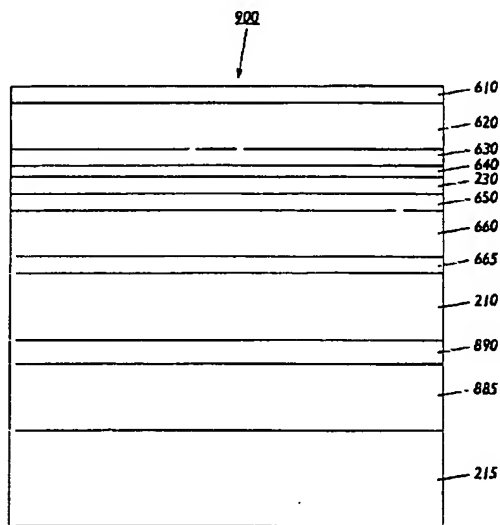




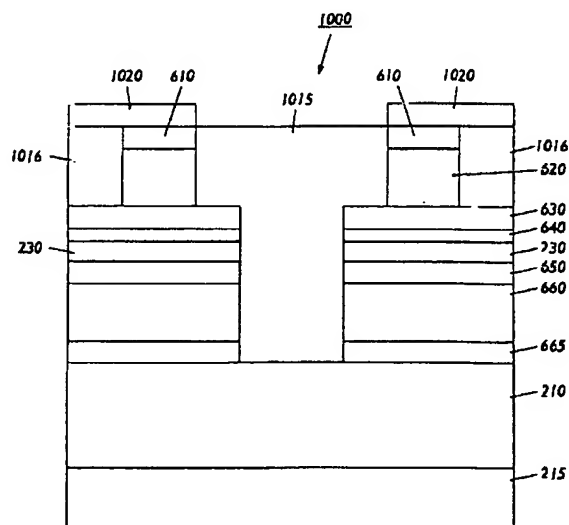


(第6) 00-196197 (P2000-196197A)

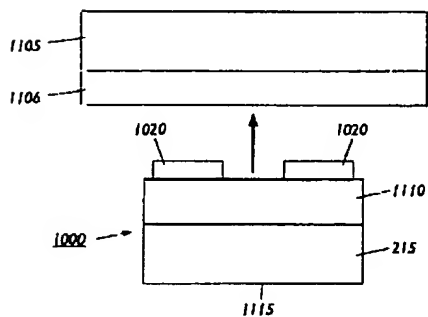
【図15】



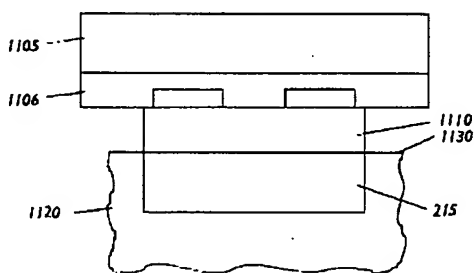
【図16】



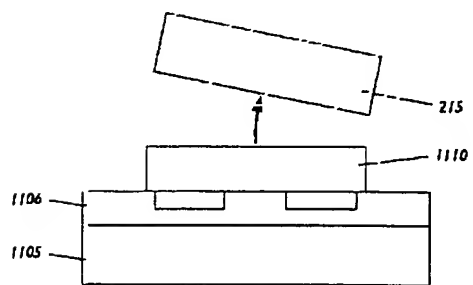
【図17】



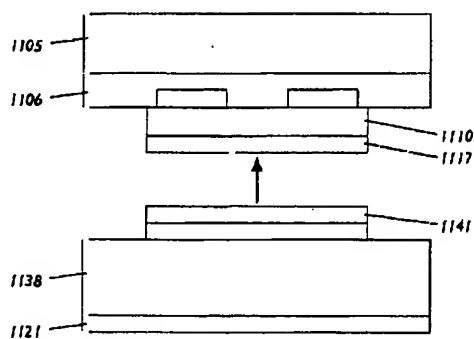
【図18】



【図19】

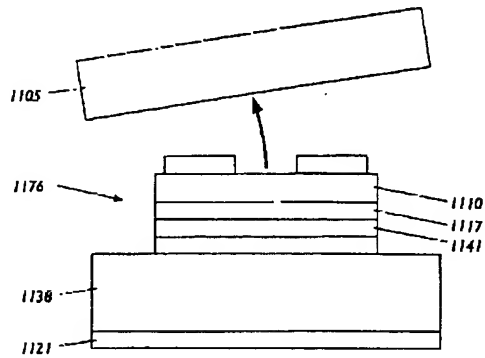


【図21】

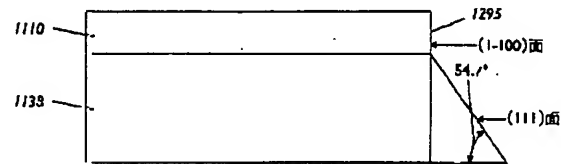


(第7) 100-196197 (P2000-196197A)

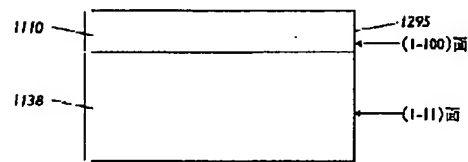
【図22】



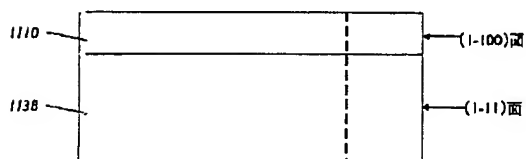
【図24】



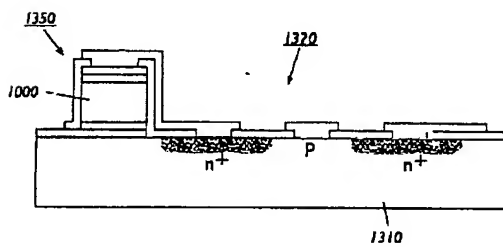
【図26】



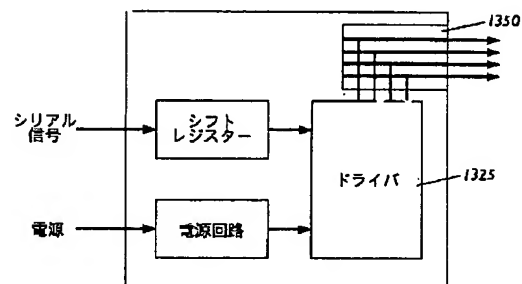
【図25】



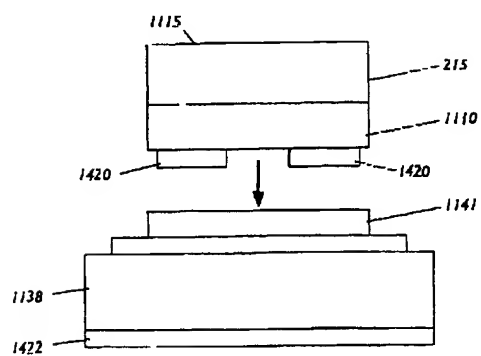
【図27】



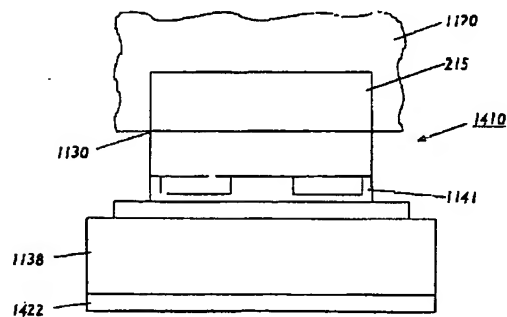
【図28】



【図29】

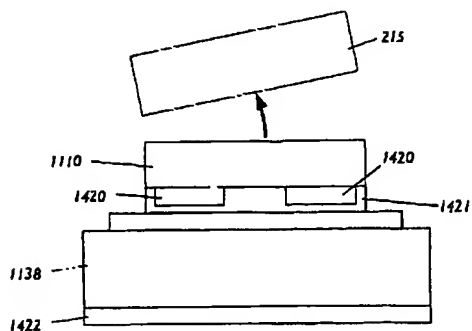


【図30】

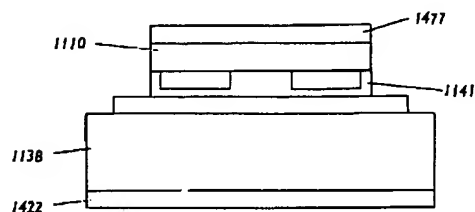


(第8) 00-196197 (P2000-196197A)

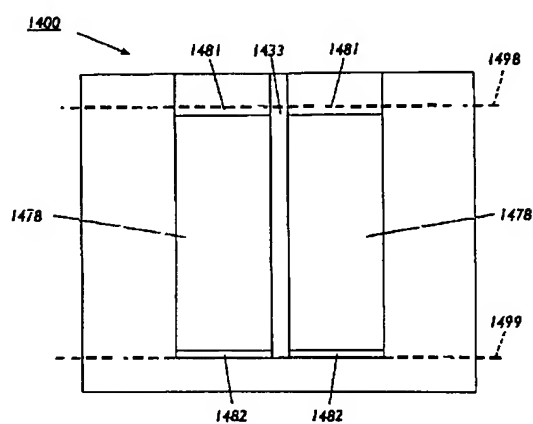
【図31】



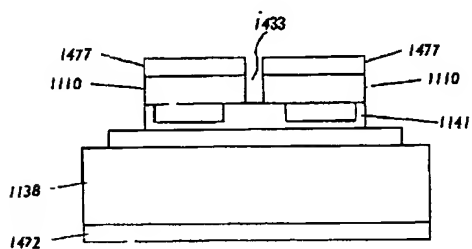
【図32】



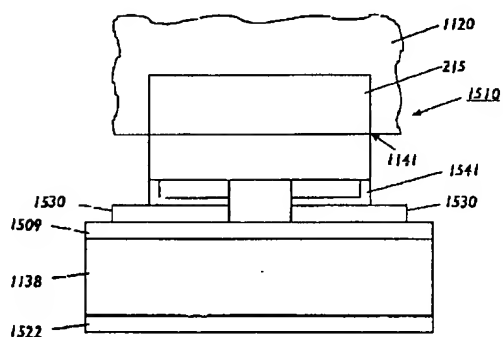
【図34】



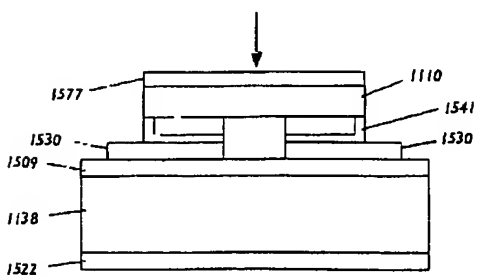
【図33】



【図36】

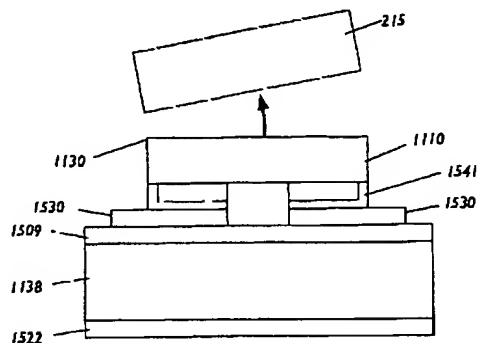


【図38】

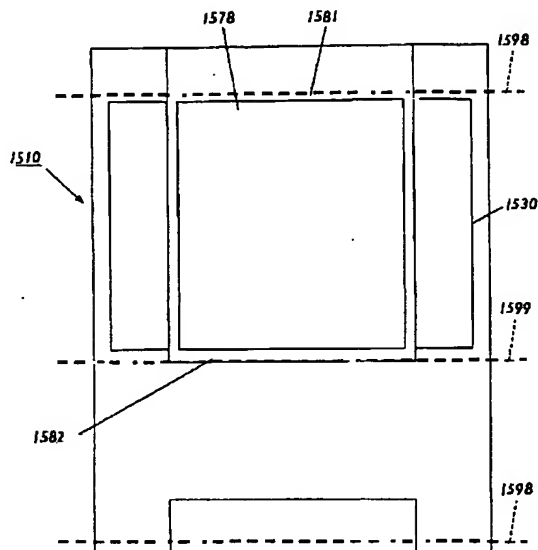


(19) 100-196197 (P2000-196197A)

【図37】



【図39】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 09/277328

(32)優先日 平成11年3月26日(1999. 3. 26)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 デビッド ビー ボウ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 クバ  
ーチノ ベル エア コート 11092

(72)発明者 ピン メイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 パロ  
アルト ヴィルク ウェイ 4276 アパ  
ートメント ディー

(72)発明者 リンダ ティ ロマノ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニ  
ーベール ウェストチェスター ドライブ  
1055